



REC'D 14 AUG 2003

WIPO PCT

DE03/2187

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 29 881.5

**Anmeldetag:** 03. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Plasma-Rußfilter

**IPC:** B 01 D, F 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

## Beschreibung

## Plasma-Rußfilter

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Plasma-Rußfilter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Ein solcher Rußfilter ist Gegenstand der DE 100 57 862 C1.

- 10 Mit vorgenanntem Patent wird ein Verfahren zur Verminderung kohlenstoffhaltiger Partikelemissionen von Dieselmotoren unter Schutz gestellt, bei dem die im Abgas enthaltenen Rußpartikel an Filteroberflächen abgeschieden werden, wobei zwecks  
15 Regeneration des Filters die abgeschiedenen Partikel oxidiert werden und die Regeneration durch nichtthermische, elektrische Oberflächengleitentladungen an den mit Rußpartikeln belegten Oberflächen erfolgt.

- 20 In der DE 100 57 862 C1 sind verschiedene Geometrien zum Betrieb einer derartigen Anordnung beschrieben, die auf dem Prinzip von sogenannten Wandflussfiltern basieren. Diese Filter bestehen aus parallelen Kanälen mit viereckigem Querschnitt, die wechselseitig jeweils an der Auslassseite und an der Einlassseite des Abgases verschlossen sind. Dadurch ergibt sich eine Aufteilung in Einlasskanäle für das rußbeladene und Auslasskanäle für das gefilterte Abgas. Der Ruß wird auf den Innenwänden der einlassseitig offenen Kanäle abgeschieden und dort durch Sauerstoff- und Hydroxyl-Radikale oxidiert, die in unmittelbarer Wandnähe von nichtthermischen Oberflächengleitentladungs-Plasmen erzeugt werden.

30

- In der DE 100 57 862 C1 wird in naheliegender Weise davon ausgegangen, dass zur Erzeugung von Oberflächengleitentladungen in einem Filterkanal an jeder seiner Kanten eine Elektrode angebracht ist. Die zur Plasmaerzeugung erforderlichen  
35 Elektroden lassen sich dabei entweder in das Filtermaterial einbetten oder auf dem Filtermaterial so aufbringen, dass auf jeden Fall zwischen einer mit Hochspannung verbundenen Elek-

- trode und der mit Masse verbundenen Gegenelektrode eine Schicht hoher dielektrischer Festigkeit liegt. Durch die dort beschriebene Einbettung der Elektroden lassen sich solche Oberflächengleitentladungen jedoch nur auf beiden Seiten der Zellwände generieren, während der Ruß nur auf einer Seite abgeschieden wird. Damit ist der spezifische Energieverbrauch für die Regeneration doppelt so hoch wie eigentlich erforderlich.
- 10 Dem Abgas ausgesetzte Elektroden hingegen, die dort in Kombination mit eingebetteten Elektroden für den bevorzugten Betrieb von Oberflächengleitentladungen auf einer Seite der Wand vorgeschlagen werden, sind durch den Kontakt mit dem Abgas Erosionsprozessen ausgesetzt, die durch Gasentladungsprozesse noch verstärkt werden können. Diese Erosionsprozesse können nicht nur die Lebensdauer speziell der Elektroden, sondern über die Entstehung von Metalloxiden auch die Lebensdauer der Keramik beeinträchtigen.
- 20 Ein weiterer Nachteil ist, dass die große Zahl der Elektroden - und zwar vier je Einlasskanal - Größe und Gewicht des Plasmarußfilters gegenüber einem herkömmlichen Filter wesentlich erhöht.
- 30 Aus der Literatur sind Geometrien zum Betrieb dielektrisch behinderter Entladungen in keramischen Wabenkörpern bekannt (siehe z.B. EP 0 840 838 B1), in denen durch eine innenliegende Hochspannungs- und eine außenliegende Masseelektrode ein zylindrisches, viele Kanäle enthaltendes Volumen angeregt werden kann. Dadurch kann aber weder zwischen Ein- und Auslasskanälen eines Rußfilters differenziert werden, noch können gezielt Oberflächengleitentladungen erzeugt werden. Außerdem ist wegen der großen Schlagweite zwischen den Elektroden eine hohe Spannungsamplitude von über 20 kV erforderlich, die im Kraftfahrzeug zu Problemen führen kann.

Ausgehend von letzterem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Plasma-Rußfilter anzugeben, bei dem durch eine geeignete Geometrie die oben angeführten Nachteile vermieden werden.

5

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

- 10 Mit der Erfindung ist ein aus wechselseitig verschlossenen  
länglichen Kanälen mit beliebigem Querschnitt bestehender  
Wandflussfilter geschaffen, dessen mit Ruß belegte Wände  
durch Oberflächengleitentladungen regeneriert werden. Dabei  
brennen nunmehr die Oberflächengleitentladungen bedingt durch  
15 die Anordnung der in das Filtermaterial eingebetteten und da-  
mit vor Erosion geschützten Elektroden bevorzugt auf der mit  
Ruß belegten Einlassseite des Filters. Vorteilhafterweise  
werden bei der angegebenen Geometrie mit zweistrahligter Sym-  
metrie pro Einlasskanal nur zwei Elektroden zur Erzeugung der  
20 Oberflächengleitentladungen benötigt.

Ausgangspunkt der Erfindung ist ein aus matrixartig angeordneten länglichen Kanälen mit viereckigem Querschnitt bestehender Wandflussfilter. Die Kanäle sind längs einer Zeile oder einer Spalte wechselseitig verschlossenen, so dass sich Einlass- und Auslasskanäle abwechseln.

- Durch die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung wird sichergestellt, dass die Verteilung des elektrischen Feldes in den  
30 einzelnen Zellen des Plasma-Rußfilters die Zündung von nicht-thermischen Oberflächengleitentladungen in einzelnen Zellen ermöglicht. Dabei werden die dielektrischen Eigenschaften des Wandmaterials des keramischen Rußfilters ausgenutzt, die das Feld in Hohlräumen zwischen den Elektroden konzentriert.
- 35 Überraschenderweise ergibt sich durch eine Verminderung der Elektrodenzahl pro Einlasskanal von 4 auf 2 nicht etwa eine Verschlechterung der elektrischen Feldverteilung hinsichtlich

der Erzeugung von Oberflächengleitentladungen. Wesentlich dafür ist die Anordnung der Elektroden an diagonal gegenüberliegenden Kanten des viereckigen Kanalquerschnittes, wobei notwendigerweise über ihre nicht mit Elektroden versehenen

5 Kanten benachbarte Einlasskanäle in gleicher Polarität beschaltet werden müssen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentan-

10 sprüchen. Es zeigen

Figur 1 und Figur 3 Querschnitte von Plasmafilterelementen mit Ein- und Auslasskanälen und zugehörigen Elektro-

15 den,

Figur 2 und Figur 4 berechnete Feldstärkeverteilungen bei den Anordnungen gemäß Figur 1 und 3 sowie

Figur 5 Querschnitte eines Einlasskanals mit zweistrahligter Symmetrie und dessen Variation.

20 Die Figuren werden nachfolgend teilweise gemeinsam beschrieben. Insbesondere zu Figur 1 wird im Einzelnen auf die Patentschrift DE 100 57 862 C1 verwiesen.

In letzterem Patent wird ein Verfahren zur Verminderung kohlenstoffhaltiger Partikelemissionen von Dieselmotoren unter Schutz gestellt, bei denen Oberflächengleitentladungen zum Einsatz kommen. Bei den in der DE 100 57 862 C1 im Einzelnen beschriebenen Figuren 1 bis 5 sowie 7 bis 12 sind Wandfluss-

30 filter aus keramischem Material aus wechselseitig verschlossenen länglichen Kanälen mit speziell viereckigem Querschnitt, in deren Eckpunkte jeweils Elektroden eingebaut sind, dargestellt.

35 Figur 1 zeigt im Querschnitt eine derartige Elektrodenanordnung in einem Plasmafilterelement herkömmlicher Art mit vier in Filtermaterial eingebetteten Elektroden je Kanal.

Im Einzelnen ist ein Einlaßkanal mit 10 und ein Auslasskanal mit 20 bezeichnet. Einlasskanal 10 und Auslasskanal 20 sind durch poröse Wände 30 aus spezifischem keramischen Material  
5 getrennt. In den Wänden 30 sind jeweils an den Kanten der Kanäle 10 Elektroden eingebaut, die jeweils paarweise nebeneinander als Hochspannungselektrode 41 und geerdete Elektrode 42 dienen. Um ausreichende dielektrische Festigkeit zu gewährleisten, sind die aus elektrisch leitfähigem Material gefertigten Elektroden 41 und 42 jeweils von einer elektrisch isolierenden Barrierenschicht 43 umgeben, die aus Gründen der  
10 Hochspannungsfestigkeit im Gegensatz zum Filtermaterial der Wände 30 niedrige Porosität aufweist.

15 Figur 2 zeigt die für die Ausbildung von Oberflächengleitendladungen wichtige Verteilung der elektrischen Feldstärke für eine an den Hochspannungselektroden anliegende Spannung von 10 kV bei einem quadratischen Kanalquerschnitt von  $2 \times 2 \text{ mm}^2$  im Querschnitt der Anordnung gemäß Figur 1. Mit 50 sind er-  
20 rechnete Feldminima in der Anordnung gemäß Figur 1 bezeichnet. Diese Minima finden sich aufgrund der quadropolartigen Anordnung der Elektroden jeweils auf den Symmetrieachsen sowohl der Ein- als auch der Auslasskanäle. Bereiche erhöhter elektrischer Feldstärke 51, in denen elektrische Gasentladungen bevorzugt zünden werden, finden sich in der Nähe der Kanalwände sowohl der Ein- als auch der Auslasskanäle. Über-  
haupt ist aus Figur 2 erkennbar, dass sich aufgrund der Symmetrie in den Auslasskanälen 20 die gleiche elektrische Feldverteilung wie in den Einlasskanälen 10 ergibt. Zur Rußoxida-  
30 tion im Wandflussfilter werden aber die Bereiche erhöhter elektrischer Feldstärke tatsächlich nur in den Einlasskanälen benötigt.

Figur 3 zeigt eine Elektrodenanordnung zur selektiven Erzeugung von Gasentladungen in den Einlasskanälen im Querschnitt. Wesentlicher Unterschied zu Figur 1 ist die rautenförmige Anordnung der Einlasskanäle 10 und der Auslasskanäle 20, welche  
35

sich aus einer Drehung der Struktur gemäß Figur 1 um  $45^\circ$  ergibt. Weiterer Unterschied ist der, dass an den nunmehr rauteuförmig ausgebildeten Einlasskanälen jeweils in der Senkrechte an gegenüberliegenden Ecken der Raute Elektroden 41, 42 vorhanden sind, die jeweils paarweise als Hochspannungselektrode 41 und als Masseelektrode 42 ausgeführt sind. Auch hier ist bei einem porösen Filtermaterial wieder eine Barrierschicht 43 vorgesehen.

Figur 4 zeigt die vorteilhafte Verteilung des elektrischen Feldes der Anordnung gemäß Figur 3, welche die Zündung von Gasentladungen innerhalb der Einlasskanäle 10 bevorzugt ermöglicht. Aus dieser an einem Modell berechneten Darstellung ergibt sich, dass im Vergleich zu Figur 2 die Einlasskanäle 10 über nahezu den gesamten Querschnitt eine erhöhte, für die Zündung von Gasentladungen ausreichende elektrische Feldstärke aufweisen, während in den Auslasskanälen 20 nur in Elektrodennähe im Bereich 51 aufgrund leicht erhöhter elektrischer Felder mit der Zündung von Gasentladungen zu rechnen ist. Bevorzugte Ansatzpunkte von Gasentladungen in den Einlasskanälen liegen aufgrund der dort besonders stark erhöhten elektrischen Feldstärke zuerst in Elektrodennähe. Da während des Betriebes der Gasentladung dort jedoch elektrische Ladungsträger gespeichert werden und damit die elektrischen Felder dort reduziert werden, gleiten die bevorzugten Ansatzpunkte der Gasentladungen sukzessive auf den Wänden der Einlasskanäle entlang in Richtung auf den Mittenbereich, bis die Wände soweit mit Oberflächenladungen belegt sind, dass keine weiteren Gasentladungen mehr gezündet werden können.

Letzterer Prozess ist mit der Ausbildung von Oberflächengleitentladungen verbunden. Obwohl die anfängliche Feldverteilung Volumen- und Oberflächengleitentladungen gleichermaßen ermöglicht, wird auf diese Weise ein nicht unwesentlicher Teil der elektrischen Energie in Oberflächengleitentladungen umgesetzt. Gleichzeitig wird der Betrieb von Gasentladungen in den Auslasskanälen weitgehend unterdrückt. Damit wird bes-

tätigt, dass mit der Anordnung gemäß Figur 3 ein gegenüber Figur 1, die dem Stand der Technik entspricht, verbessertes Ergebnis für die Realisierung eines Plasma-Rußfilters mit Einsatz von Oberflächengleitentladungen zur Oxidation des Rußes vorliegt.

Bei der Anordnung gemäß Figur 3 ergibt sich gegenüber Figur 1 nicht nur eine für die effiziente Nutzung der elektrischen Energie vorteilhafte elektrische Feldverteilung, sondern auch eine Verringerung des Material- und Kostenaufwandes durch reduzierte Elektrodenzahl pro Filtervolumen und -Fläche und gleichzeitig eine verringerte elektrische Kapazität, die sich durch vereinfachte Auslegung von Hochspannungsnetzteilen für die elektrische Anregung des Plasma-Rußfilters kostensenkend auswirkt. Wesentlich dafür ist die Anordnung der Elektroden an diagonal gegenüberliegenden Kanten des viereckigen Kanalquerschnittes, wobei über ihre nicht mit Elektroden versehenen Kanten benachbarte Einlasskanäle notwendigerweise in gleicher Polarität beschaltet werden müssen.

Figur 5 zeigt als Ausschnitt aus Figur 3 links den rautenartigen Querschnitt eines einzelnen Einlasskanals mit Elektrode 41, Gegenelektrode 42 und zwei Achsen 60 und 60', die eine zweistrahlige Symmetrie definieren. Diese Elemente sind für Funktionsfähigkeit des Filters von Bedeutung, wobei die Elektroden 41 und 42 durch die Achse 60 als eine Symmetrielinie verbunden sind.

Es ist offensichtlich, dass das beschriebene Konzept auf andere Kanalquerschnitte übertragbar ist. Ausgehend von der in Figur 3 gezeigten Gesamtgeometrie und der spezifischen Symmetrie gemäß Figur 5 hält man die Elektroden 41 und 42 sowie die Verbindungsachse 60 zwischen den Elektroden 41 und 42 als erste Symmetrielinie fest und verformt den Kanalquerschnitt symmetrisch bezüglich dieser Achse. Bei Berücksichtigung der zweiten Symmetrielinie ergibt sich beispielsweise eine Sternform im rechten Bereich von Figur 5, bei der die für die Ruß-



ablagerung wirksame Wandfläche im Einlasskanal gegenüber Figur 3 vergrößert ist.

5 Berücksichtigt man die Geometrie entsprechend Figur 5, werden die Auslasskanäle komplementär entsprechend verformt, so dass sich wieder eine vollständige Bedeckung des Querschnittes mit Ein- und Auslasskanälen ergibt. Im Prinzip ist jede Umwandlung eines Vierecks in ein  $n \times$  Viereck mit  $n \geq 2$  möglich.

## Patentansprüche

1. Plasma-Rußfilter auf der Grundlage eines Wandflussfilters, bestehend aus wechselseitig verschlossenen länglichen Einlass- und Auslasskanälen aus Filtermaterial, wobei Rußpartikel an den Filteroberflächen der Einlasskanäle abgeschieden und dort zwecks Regeneration des Filters durch Einwirkung dielektrisch behinderter Oberflächengleitentladungen oxidiert werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
5 dass die Kanäle (10, 20) einen beliebigen Querschnitt mit zweistrahligter Symmetrie haben und dass pro Einlasskanal (10) nur zwei Elektroden (41, 42) zur Erzeugung der Oberflächengleitentladungen vorhanden sind, die auf einer der Symmetrielinien liegen.  
10
2. Plasma-Rußfilter nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Elektroden (41, 42) in das Filtermaterial (30) eingebettet und damit vor Erosion geschützt sind.  
15
3. Plasma-Rußfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Elektroden (41, 42) in ein elektrisch isolierendes Barrierematerial (43) niedriger Porosität eingebettet sind.  
20
4. Plasma-Rußfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Oberflächengleitentladungen selektiv auf der mit Ruß belegten Einlassseite des Wandflussfilters mit Einlasskanal (10) und Auslasskanal (20) brennen.  
30
5. Plasma-Rußfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ein- und Auslasskanäle einen viereckigen Querschnitt haben, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
35 dass die Elektroden (41, 42) an diagonal gegenüberliegenden Ecken des viereckigen Kanalquerschnittes angeordnet sind, wobei die mit Elektroden (41, 42) an den Ecken benach-

barter Einlasskanäle (10) in gleicher Polarität beschaltet sind.

- 5 6. Plasma-Rußfilter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt mit zweistrahligter Symmetrie eine Viereckgeometrie mit den beiden Elektroden (41, 42) an gegenüberliegenden Ecken ist.
- 10 7. Plasma-Rußfilter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Viereckgeometrie eine vertikal orientierte Raute ist.
- 15 8. Plasma-Rußfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Einlasskanals (10) mit zweistrahligter Geometrie eine nxviereckige Geometrie mit  $n \geq 2$  hat, die durch Verformung des viereckförmigen Querschnitts des Einlasskanals (10) bei Festhalten der Elektroden (41, 42) und der ersten Symmetrielinie (60) erhalten wird (Fig. 5).
- 20

## Zusammenfassung

## Plasma-Rußfilter

- 5 Vom Stand der Technik ist ein Verfahren zur Verminderung kohlenstoffhaltiger Partikelemissionen von Dieselmotoren und eine zugehörige Anordnung bekannt, bei der insbesondere zur Re-  
10 generation des Filters Oberflächengleitentladungen ausgenutzt werden. Gemäß der Erfindung ist ein dafür geeignetes Wand-  
flussfilter aus wechselseitig verschlossenen, länglichen Kanälen gebildet. Die Elektroden sind dabei in das Filtermaterial eingebettet und dadurch vor Erosion geschützt. Durch eine geeignete Geometrie reichen erfindungsgemäß zwei Elektroden zur selektiven Erzeugung der Oberflächengleitentladungen  
15 im Einlasskanal des Wandflussfilter aus.

FIG 3

FIG 1

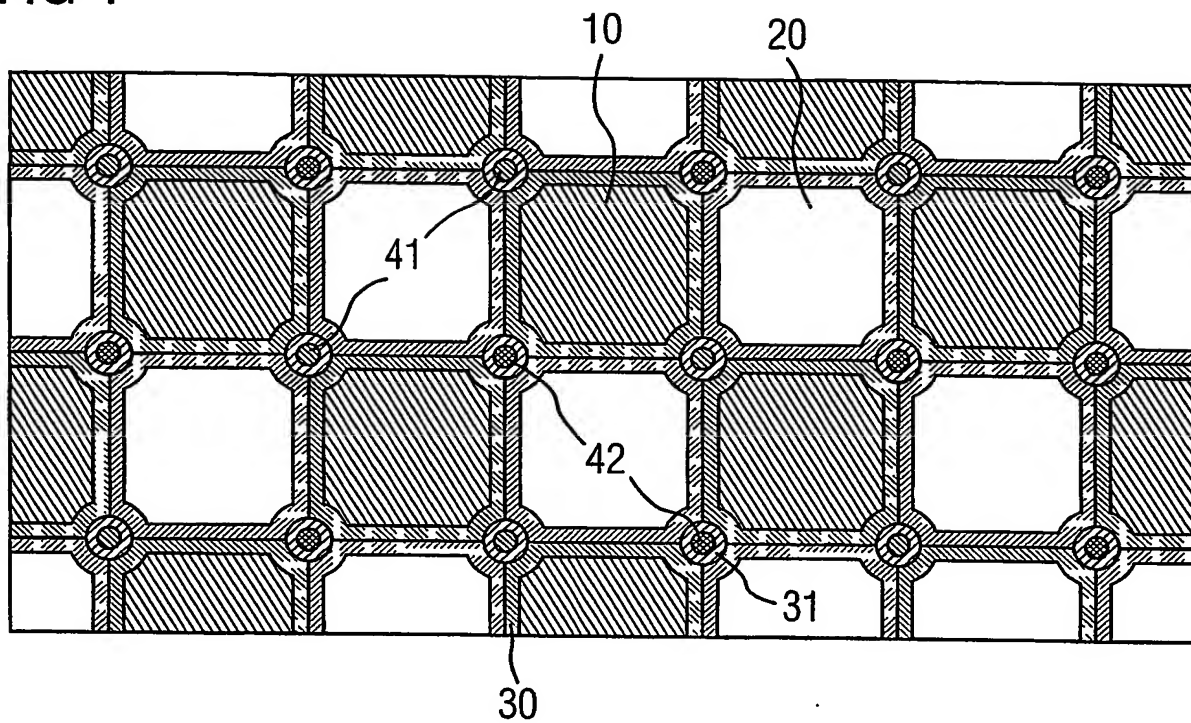


FIG 2

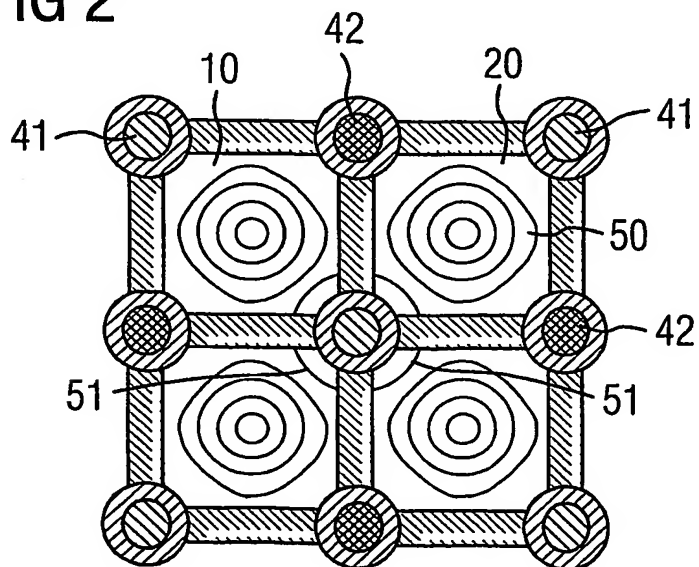


FIG 3

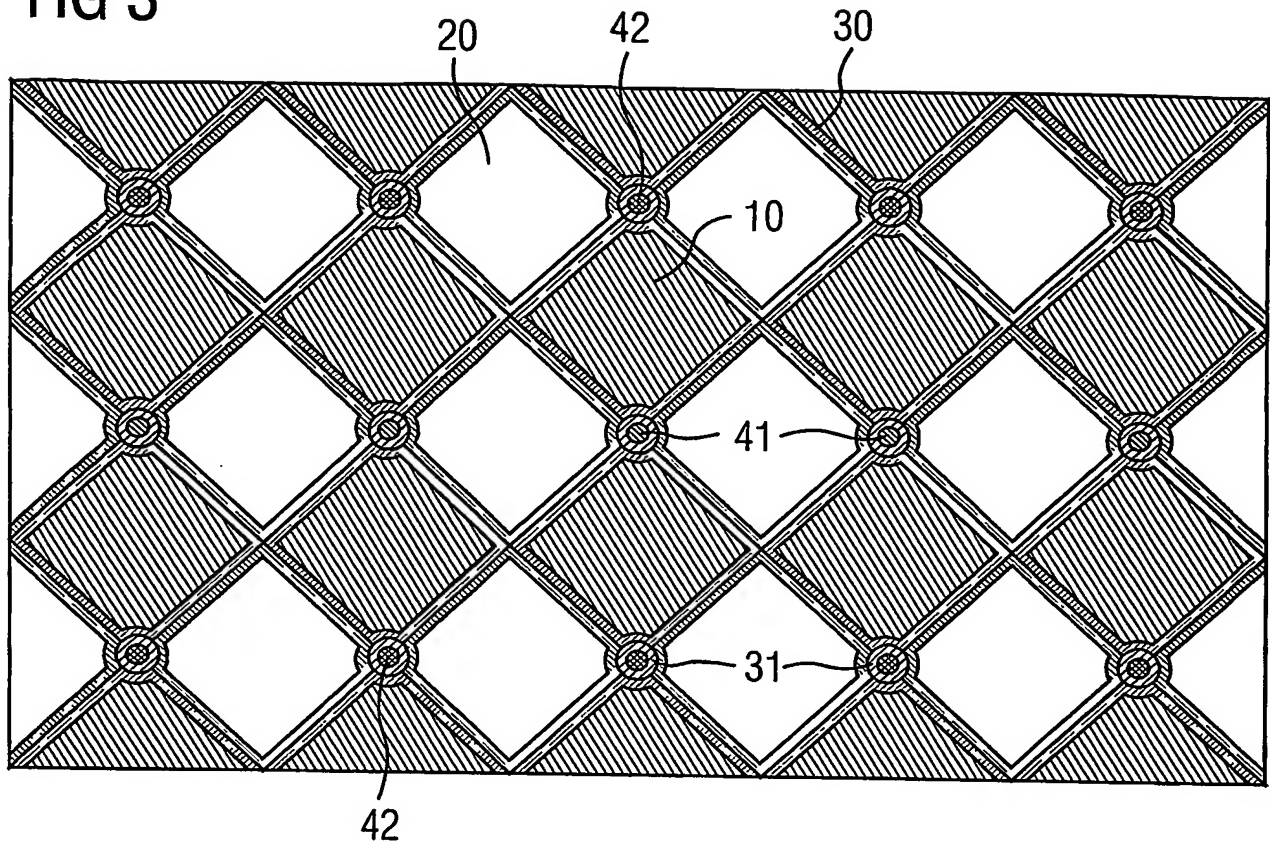


FIG 4

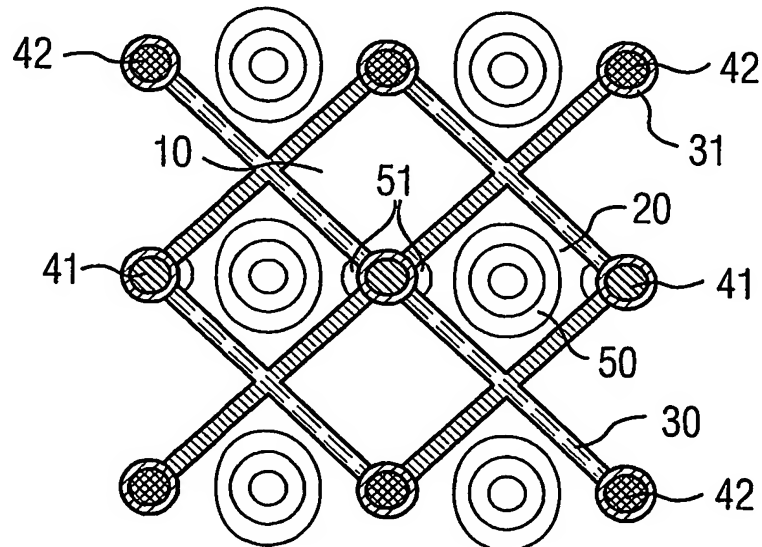
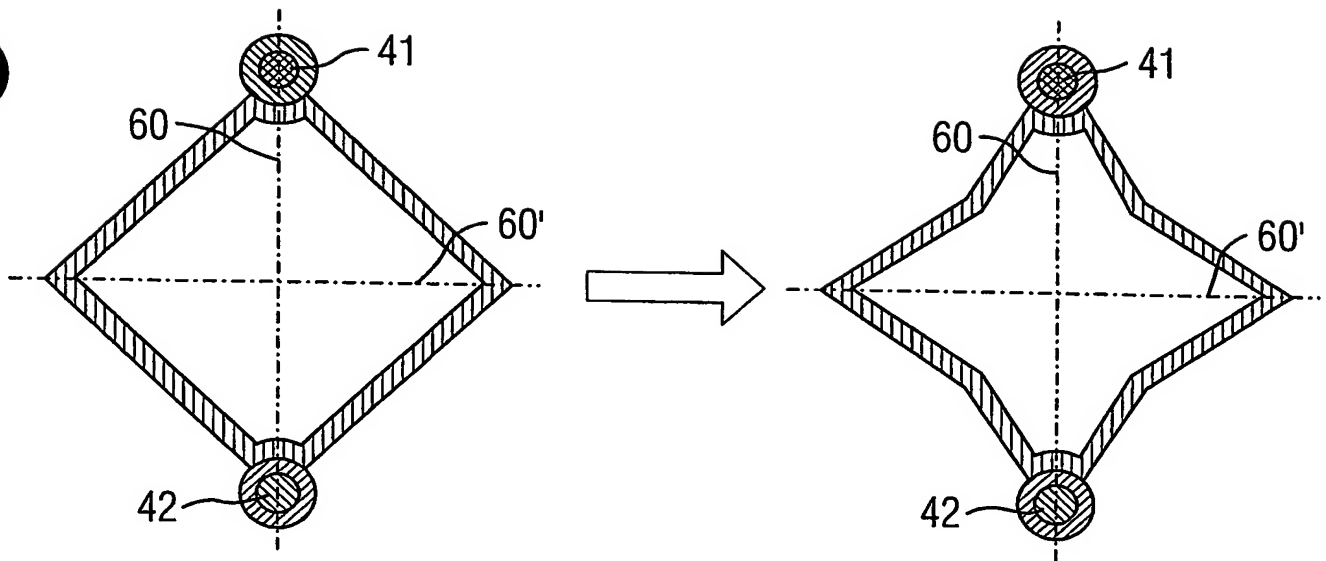


FIG 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**